

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

(подпись)

2015 2

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 738 /уч.

КОГЕРЕНТНАЯ ОПТИКА И ГОЛОГРАФИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
направления специальности **1-31 04 01-06**
Физика (физика наноматериалов и нанотехнологий)

Минск 2015 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСРБ 1-31 04 01-06-2011; учебных планов №G31-072/уч. и №G31ин.-079/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Е.А. Мельникова—доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета
Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.);

Советом физического факультета
(протокол № 10 от 18 июня 2015 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины *"Когерентная оптика и голография"* разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям) направления специальности 1-31 04 01-06 Физика наноматериалов и нанотехнологий.

Целью учебной освоение студентами фундаментальных основ когерентной оптики и голографии, включающие такие понятия, как корреляция световых полей, степень когерентности светового источника, пространственная и временная когерентность и их связь со спектральной шириной и размерами источника и изучить основные физические принципы записи и восстановления голографических изображений.

Основная задача учебной дисциплины изучить основные физические принципы записи и восстановления голографических изображений. В ходе изучения курса студенты знакомятся с базовыми схемами записи голографических изображений и с современными технологиями изготовления и тиражирования защитных голографических элементов.

В настоящее время голография получила широкое распространение в различных областях науки и техники. Это и голографические системы записи, хранения и обработки информации; использование голографии для решения вопросов адаптивной оптики (формирование заданной пространственной структурой световых полей; лазерные системы с компенсацией оптических искажений в активных элементах, позволяющих улучшать когерентные свойства лазерного излучения. и др); применение голографических методов контроля в технологических процессах. На сегодняшний день голографические методы защиты ценных бумаг, документов и промышленной продукции прочно завоевали свои позиции среди защитных технологий и являются одним из приоритетных направлений в этой области. Использование отражательных рельефных (тисненых) голограмм признано специалистами в качестве эффективной степени защиты и достаточно широко используется практически во всех странах мира.

Широкое распространение интерференционно-голографических методов в науку, технику и производство определяет необходимость углубленного изучения когерентной оптики и голографии специалистов оптических специальностей.

Материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных в следующих дисциплинах: «Оптика», «Нелинейная оптика», «Физика лазеров»

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные положения теории когерентности световых полей;
- основные схемы записи и восстановления голографических изображений;
- виды голографических изображений по спектральному составу;
- современные технологии изготовления и тиражирования голографических элементов;

уметь:

- рассчитать значения временной и пространственной когерентности исходя из спектральных характеристик и размеров источника излучения;
- рассчитать дифракционную эффективность фазовой голограммы при заданной амплитуде модуляции показателя преломления;
- провести оценку геометрии экспериментальной установки для реализации записи на данной длине волны тонких и объемных голограмм на фотоэмульсии с заданной толщиной;

владеть:

- методами расчета временной и пространственной когерентности исходя из спектральных характеристик и угловых размеров источника излучения;
- методами оценки геометрии экспериментальной установки для реализации записи на данной длине волны тонких и объемных голограмм на фотоэмульсии с заданной толщиной;
- методами экспериментального измерения временной и пространственной когерентности;

Общее количество часов – 60; аудиторное количество часов — 30. Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и семинарских занятий. На проведение лекционных занятий отводится 22 часа, на КСР — 8 часа.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Занятия проводятся на 5-м курсе в 9-ом семестре.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен (совместно с дисциплинами «Волоконная оптика» и «Фотонные кристаллы и метаматериалы»).

По учебной дисциплине «Когерентная оптика и голография» предусмотрены лабораторные работы: общее количество часов – 42, аудиторное количество часов – 24. Лабораторные занятия проводятся на 5-м курсе в 9-ом семестре, форма текущей аттестации по лабораторным занятиям – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение в когерентную оптику. Краткий обзор основных этапов развития когерентной оптики. Понятие когерентности. Опыт Юнга по интерференции света на двух щелях, как критерий когерентности оптического излучения. Общая характеристика достигнутых параметров когерентных источников: мощность, длительность, спектральная ширина, расходимость. Фундаментальные проблемы физики, решаемые с их использованием лазеров: лазерный термоядерный синтез, нелинейно-оптические эффекты, голография, нелинейная оптика.

2. Когерентность световых полей. Вынужденное излучение. Равновесное состояние системы «планковское излучение – двухуровневая модель атома». Флуктуация равновесного излучения. Формула Планка, формула Вина, формула Реллея-Джинса. Связь когерентности пучка с временными флуктуациями и спектральным составом излучения на примере ударного уширения. Частотное распределение линии испускания с ударным уширением. Временная зависимость хаотического светового пучка. Время когерентности. Длина когерентности. Связь когерентных свойств с размерами источника. Площадь и объем когерентности. Вывод соотношений для площади и объема когерентности, исходя из соотношений неопределенности. Парадокс Вавилова.

3. Функция когерентности. Комплексное представление световых полей. Функция взаимной когерентности. Комплексная степень когерентности. Экспериментальное измерение модуля амплитуды комплексной степени когерентности. Общий вид выражения комплексной степени когерентности для протяженного источника. Комплексная степень когерентности для протяженного источника в форме диска. Определение угловых размеров звезд. Звездный интерферометр Майкельсона. Волновые уравнения для функции взаимной когерентности.

4. Временная когерентность лазерных источников. Временная когерентность многомодового (многочастотного) лазера.

5. История развития и становления голографии. Основные схемы записи. Краткая историческая справка. Схема Габора. Схема Лейта-Упатниекса. Схема Денисюка

6. Основные свойства голограммы. Голограмма как дифракционная решетка. Голограмма точки – зонная пластинка Френеля. Интерференционная структура голограммы точечного предмета (схемы Габора и Лейта-Упатниекса). Основные свойства голограмм. Основные соотношения для голограмм. Свойства восстановленных изображений. Мнимые и действительные (псевдоскопические) изображения. Зависимость свойств голографических изображений от условий восстановления. Требования к когерентности источников при записи и восстановлении голограмм.

7. Дифракционная эффективность и селективность голограмм плоских и объемных голограмм. Дифракционная эффективность плоских и объемных голограмм. Спектральная и угловая селективность. Дифракционная эффективность многоцветных голограмм.

8. Фурье голограммы. Оптическое преобразование Фурье с помощью линзы. Основные схемы записи и восстановления голограммы Фурье. Безлинзовая голограмма Фурье. Свойства голограммы Фурье и их применение (пространственная фильтрация и распознавание образов.)

9. Виды голограмм по спектральному составу и способу записи. Ахроматическое, монохроматическое и цветное голографическое изображение. Аналоговая и цифровая запись голограмм. 3D голограммы, 2D голограммы, 3D/2D голограммы, DOT-MATRIX голограммы. Запись скрытого изображения.

10. Радужная голограмма (голограмма Бентона-Власова). Двухступенчатая запись (метод Бентона). Одноступенчатая запись (метод Власова). Запись цветного изображения.

11. Фоточувствительные среды для записи голограмм. ПФГ. Фоторезист. Бихромированный желатин. Фотополимеры. Отбеливание голограмм

12. Общие принципы голографической интерферометрии. Метод реального времени и метод двух экспозиций. Интерференционно-голографические методы определения рельефа поверхности.

13. Применение голографии. Пространственная фильтрация и опознавание образов. Голографическая пространственная фильтрация. Голографические методы компенсации фазовых искажений. Метод сопряженной опорной волны.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	КСР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение в когерентную оптику	2						
2	Когерентность световых полей	2			4	2		Проверка рефератов
3	Функция когерентности	2						
4	Временная когерентность лазерных источников.	1			6			Устный опрос
5	История развития и становления голографии. Свойства голограммы.	2						Проверка рефератов
6	Основные свойства голограммы.	2						Устный опрос
7	Дифракционная эффективность и селективность голограмм плоских и объемных голограмм	2			4			Устный опрос
8	Фурье голограммы.	2			4			Устный опрос
9	Виды голограмм по спектральному составу изображений и методы их записи	2						Устный опрос
10	Радужная голограмма (голограмма Бентона-Власова)	1				2		Устный опрос
11	Фоточувствительные среды для записи голограмм.	1						Устный опрос
12	Общие принципы голографической интерферометрии	2			6	2		Устный опрос
13	Применение голографии.	1				2		Проверка рефератов
		22			24	8		Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. М. Франсон, С. Сланский. Когерентность в оптике. М., Наука
2. Р. Лоудон. Квантовая теория света. М., Мир, 1976
3. Л.М. Сороко. Основы когерентной оптики и голографии. М. Наука
4. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М., Наука, 1970
5. Р. Кольер, К. Беркхард, Л. Лин. Оптическая голография. М., Мир; 1973
6. М. Миллер. Голография. Л-д, Машиностроит., М., Мир; 1976
7. Ю.И. Островский, М.М. Бутусов, Г.В. Островская. Голографическая интерферометрия. М., Наука; 1977
8. Ч. Вест. Голографическая интерферометрия, Москва Мир, 1982
9. Оптическая голография. Под. Ред. Дж. Коулфилда, т.1,2. М. Мир ; 1982

Перечень дополнительной литературы

1. Л. Перина. Когерентность света. М. Мир, 1974
2. Ю.И. Островский. Голография и ее применение. М. Мир, 1973.
3. Дж. Строук. Введение в когерентную оптику и голографию М., Наука 1976

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Устные опросы.
2. Проверка рефератов.

Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине

Перечень тем рефератов

1. Параметры современных когерентных источников (мощность, длительность, спектральная ширина, расходимость) и фундаментальные проблемы физики, решаемые с их использованием.
2. Методы разрушения когерентности.
3. Спеклы.
4. Современные лазерные установки.
5. Когерентное состояние вещества.
6. Конденсат Бозе-Эйнштейна.
7. Лазерное охлаждение вещества.

8. Фоточувствительные среды.
9. Компьютерная голография.
10. Применение голографии.
11. Современные голографические установки.
12. Способы защиты голограмм от подделок.
13. Современные технологии записи художественных голограмм.
14. Спеклограммы.
15. Компакт-диски. Принципы записи и чтения.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать защиту рефератов и устные опросы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно. Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается по формуле:

$$текущая = 0,8 \cdot \left(\frac{реф + устн}{2} \right) + ПБ - ШБ,$$

где *текущая* – это оценка текущей успеваемости, *реф* – оценка по десятибалльной шкале защиту реферата, *устн* – оценка по десятибалльной шкале за устный ответ; *ПБ* – поощерительные баллы, начисляемые за выполнение дополнительных (необязательных) заданий, активность на занятиях (максимум 2 балла за семестр), *ШБ* – штрафные баллы, которые начисляются за пропуски занятий (0,5 балла за каждое пропущенное занятие), систематическое опоздание, нарушение учебной дисциплины.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена (совместно с дисциплинами «Волоконная оптика» и «Фотонные кристаллы и метаматериалы»), к экзамену допускаются студенты, чья оценка текущей успеваемости не ниже 4 баллов. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Итоговая оценка рассчитывается по формуле:

$$\text{итог} = 0,4 \cdot \text{текущая} + 0,6 \cdot \text{экзамен}$$

где *итог* – итоговая оценка, *текущая* – оценка текущей успеваемости, *экзамен* – экзаменационная оценка, 0,4 и 0,6 – весовые коэффициенты текущей успеваемости и экзаменационной оценки соответственно.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по лаборатории специализации рекомендуется использовать устные опросы. Устные опросы проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на устный опрос по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за устные опросы, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка каждого из устных ответов проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается по формуле:

$$\text{оценка} = 0,8 \cdot \frac{\sum_i^n \text{устн}_i}{n} + \text{ПБ} - \text{ШБ},$$

где *оценка* – это оценка текущей успеваемости, *устн_i* – оценка по десятибалльной шкале за устный ответ, *n* – количество устных ответов, *ПБ* – поощрительные баллы, начисляемые за выполнение дополнительных (необязательных) заданий, активность на занятиях (максимум 2 балла за семестр), *ШБ* – штрафные баллы, которые начисляются за пропуски занятий, систематическое опоздание, нарушение учебной дисциплины.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета, к зачету допускаются студенты, чья оценка текущей успеваемости не менее 4 баллов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название Кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Оптика	Кафедра общей физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 12 от 18 июня 2014 г.)
Нелинейная оптика	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Физика лазеров	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)

[illegible]

Заведующий кафедрой
лазерной физики и спектроскопии
д.ф.-м.н., профессор

_____ Е.С. Воропай

Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор

В.М. АНИЩИК